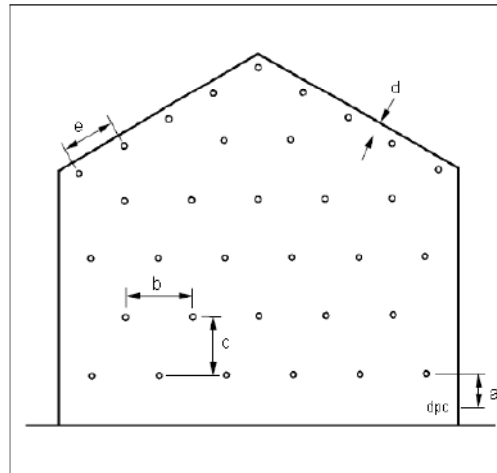


Na-isolatie van spouwmuren:

mogelijkheden & prestaties



A. Janssens, M. Delghust
Bouwfysica Groep
Vakgroep Architectuur & Stedenbouw
Faculteit Ingenieurswetenschappen (Firw)
Universiteit Gent (Ugent)

Na-isolatie van spouwmuren:

Mogelijkheden & prestaties

1. Achtergrond

- Onderzoek
- Na-isolatie

2. Labo-metingen & simulaties

- In labo (thermisch & hygrisch)
- Computersimulaties (koudebruggen)

3. In-situ: metingen & praktijk

- U-waarde
- Luchtdichtheid
- Koudebruggen
- Energiebesparing

Achtergrond - *onderzoek*

TETRA-project 2007-2009

‘Na-isolatie van bestaande spouwmuren’

- Coördinatie Ugent
- Partners:
 - CIR (Isolatie Raad)
 - Sint-Lucas
 - WTCB
- Gefinancierd door IWT & gebruikerscommissie van bedrijven



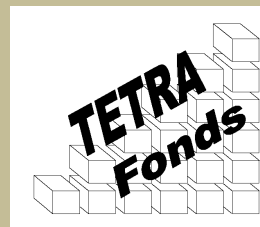
HOGESCHOOL VOOR WETENSCHAP & KUNST

SINT-LUCAS
BRUSSEL - GENT

ARCHITECTUUR



WTCB



Achtergrond - *onderzoek*

TETRA-project 2007-2009

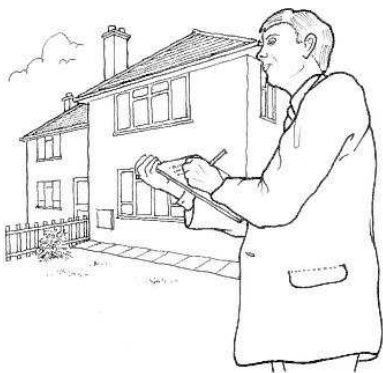
‘Na-isolatie van bestaande spouwmuren’

- Kennis verzamelen i.v.m. materialen en technieken
- Verbeterde technische richtlijnen
 - *Voorstudie, uitvoering, nazorg*
- Kwaliteitsbewakingskader
- Informatie over resultaten na-isolatieprojecten
 - *Energiebesparing*
 - *Kosteneffectiviteit*

Het onderzoeksproject ‘Na-isolatie van bestaande spouwmuren’ wil richtlijnen en informatie ontwikkelen die bijdragen tot de kwaliteitsvolle toepassing van na-isolatie in bestaande spouwmuren met het oog op een grootschalige thermische renovatie van woningen.

Achtergrond – *na-isolatie spouw* *Wat?*

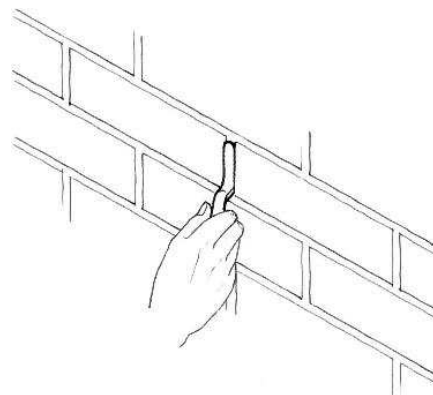
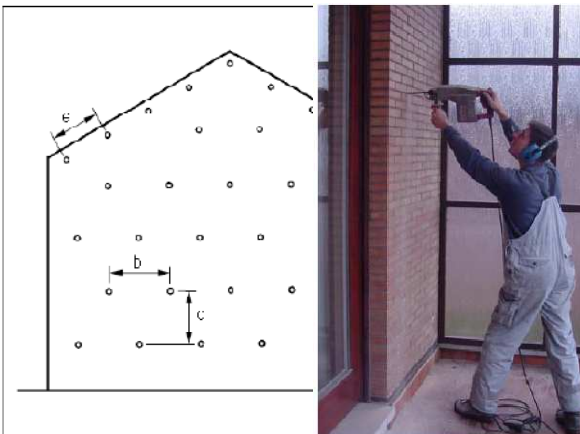
1. Beoordeling spouwmuur



3. Vullen van de spouw



2. Boren vulopeningen

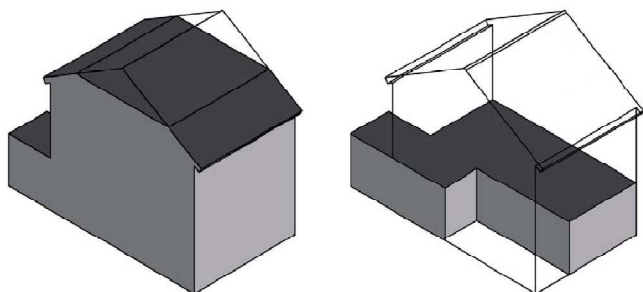
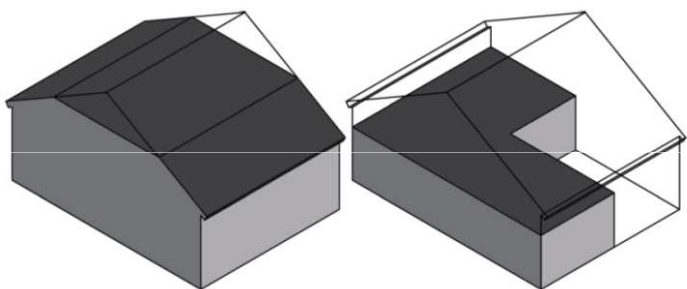
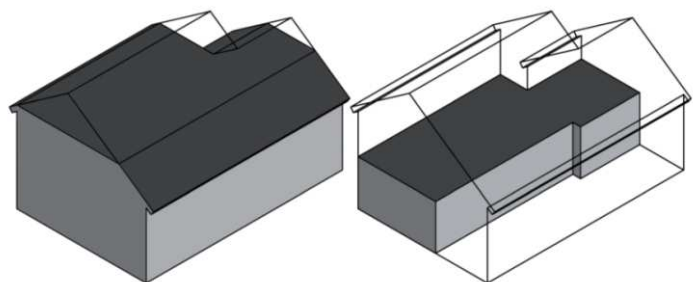


4. Opvoegen en nazorg



Achtergrond – *na-isolatie spouw* *Waarom?*

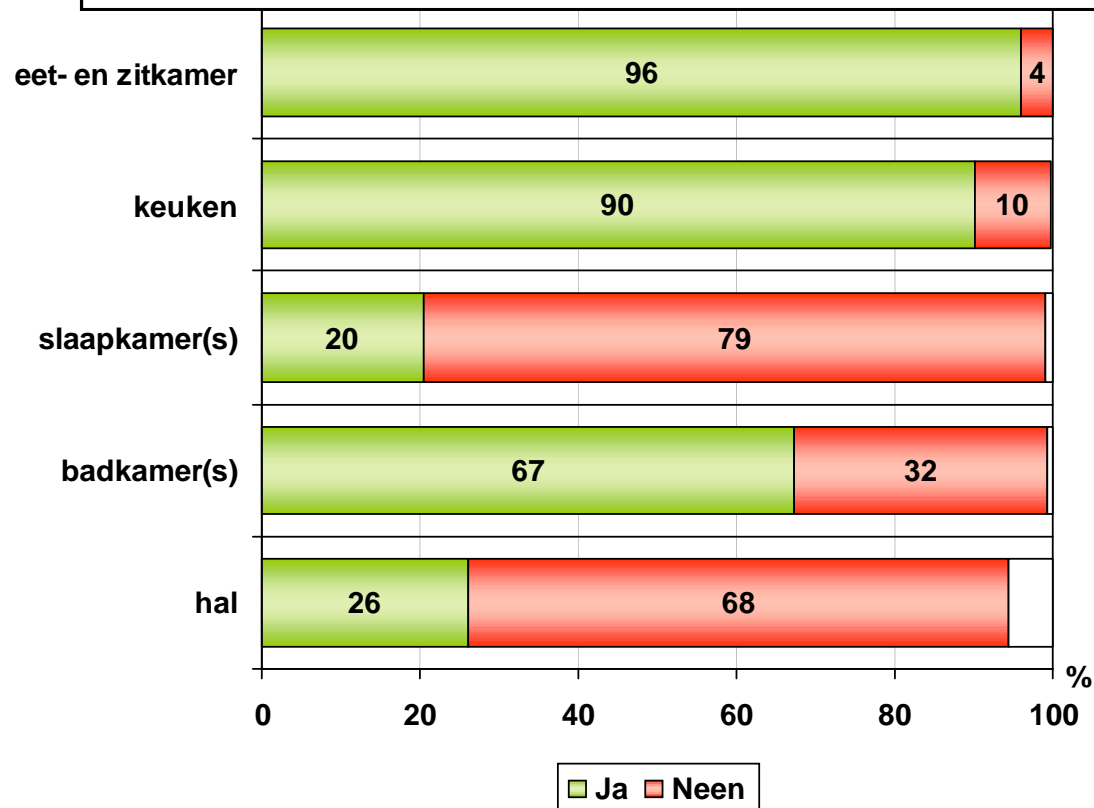
Verwarmde ruimtes isoleren



VEA REG-enquete 2008

Q25: Welke ruimtes worden er overdag verwarmd als er iemand thuis is?

Niet het vorstvrij houden van verwarming. (basis: allen)

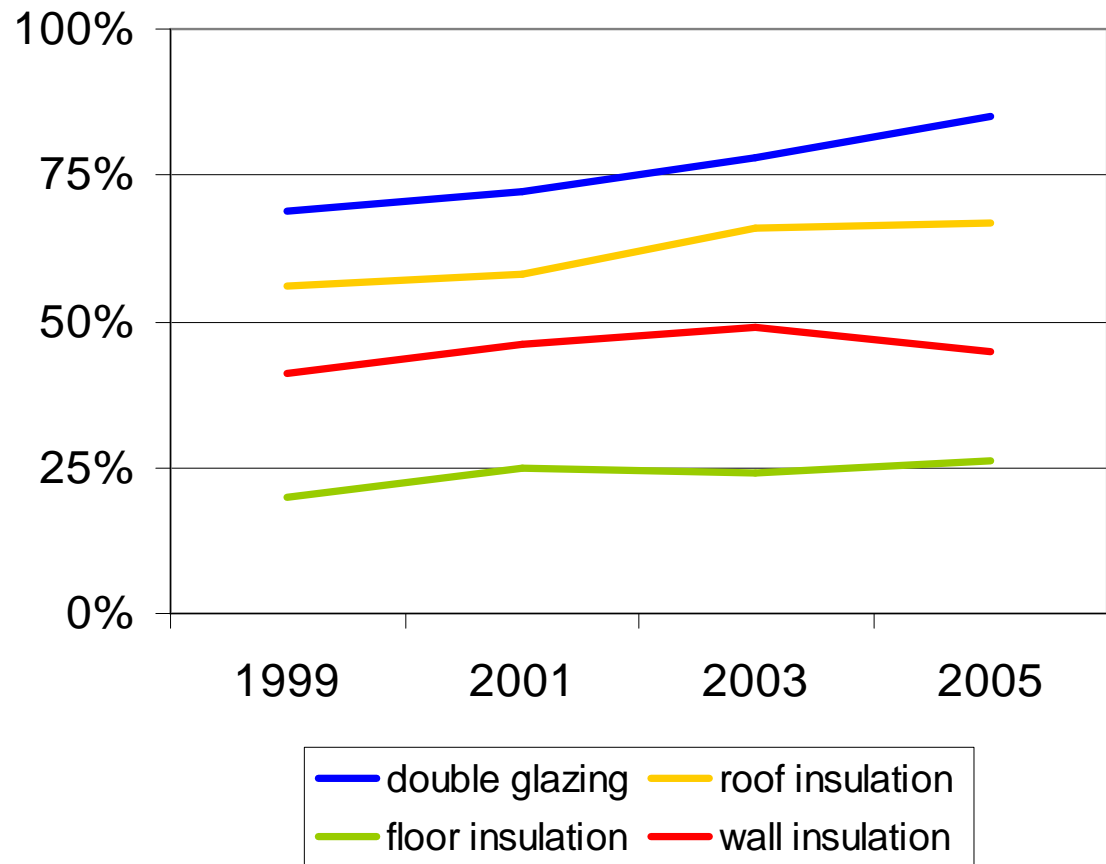


Achtergrond – *na-isolatie spouw* *Waarom?*

Waarom een ‘oude’ isolatietechniek nieuw leven inblazen?

- Verbetering muurisolatie bestaande woningen evolueert traag
- Nood aan maatregel
 - Pragmatisch
 - Goedkoop

Figures: Flemish Energy Agency



Achtergrond – *na-isolatie spouw* *opties?*

		isolatie van buitenmuren_renovatie		
		buiten-isolatie	binnen-isolatie	spouwisolatie
ruimte & esthetiek	binnenafwerking	~ongewijzigd	vervanging	~ongewijzigd
	buitenafwerking	vervanging	~ongewijzigd	~ongewijzigd
	binnenruimte	~ongewijzigd	ruimteverlies	~ongewijzigd
	buitenruimte	rooilijn verschoven	~ongewijzigd	~ongewijzigd
thermisch & hygrisch	maximale isolatiedikte	(ifv rooilijn, afbreken gevelsteen...)	(ifv resterende binnenruimte)	=spouwbreedte
	thermische massa	~ongewijzigd	verkleind	~ongewijzigd
	koudebruggen & vocht	ifv detaillering!	! kritisch ! analyse nodig !	~ongewijzigd (zie verder)
uitvoering	tijd			vaak ≤ dag
	detaillering	uiterst belangrijk	uiterst belangrijk & kritisch	(dichten van kieren)
Investering	kostprijs	≥ 100€/m ² (incl. en ifv afwerking)		~18 à 25 €/m ²

Achtergrond – *na-isolatie spouw*

Ervaring in buitenland: Groot-Brittannië

- Navulling van bestaande spouw is veel toegepaste en gesubsidiëerde isolatietechniek
- Opvolging vanuit centrale garantie-instelling CIGA, gefinancierd door hele industrie
 - CIGA: Cavity Insulation Guarantee Agency
- Geschat aantal woningen met ongeïsoleerde spouw: 7 à 9 miljoen (op 26 miljoen woningen)
- Aantal nagevulde woningen sinds 1995: 3 miljoen (momenteel 2500 / dag)



Onderzoek - *materialen*

Materiaal-soorten

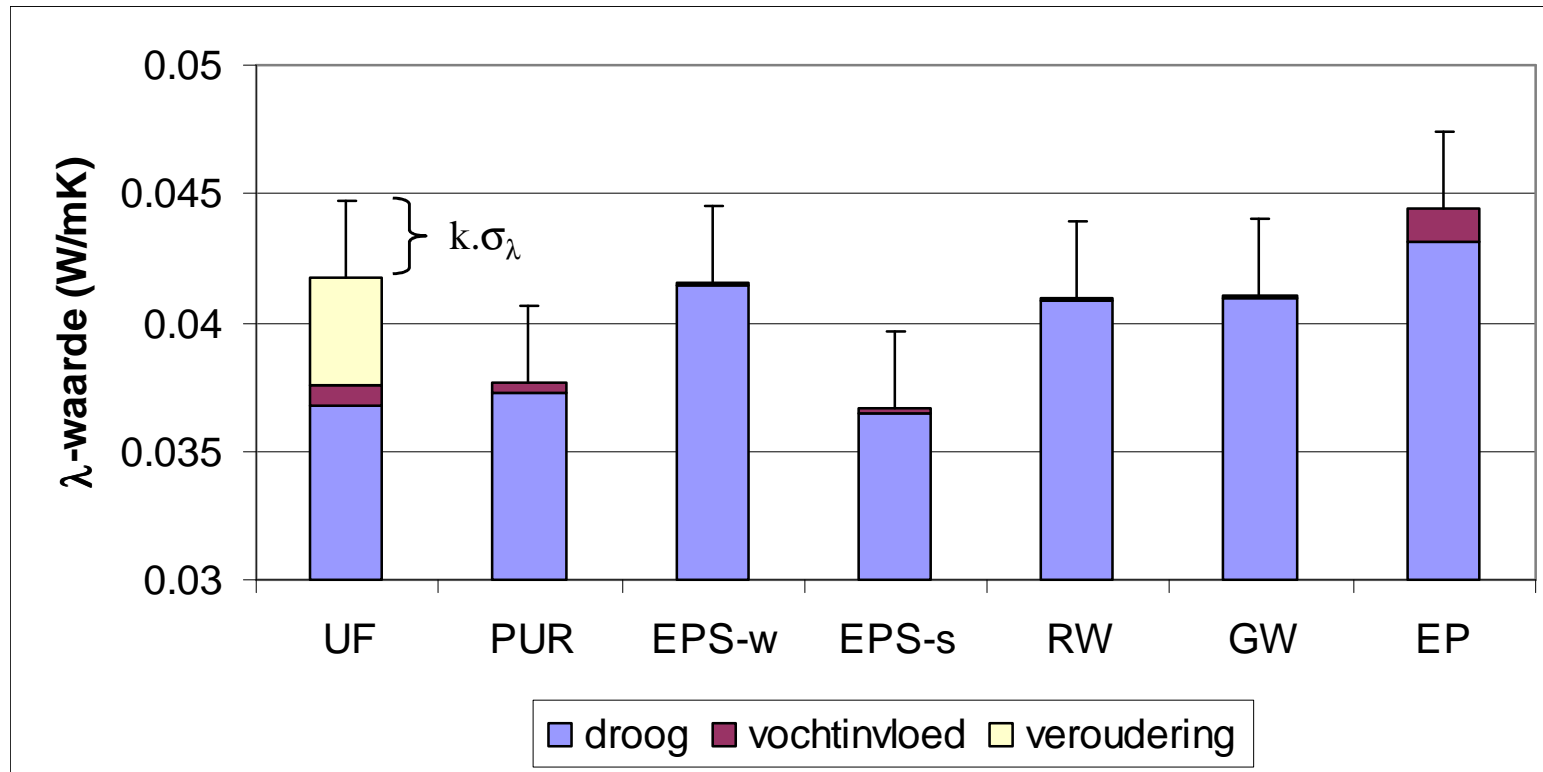
- Schuimen
 - PUR: polyurethaan
 - UF: ureumformaldehyde
- Vezels
 - MW: rotswol, glaswol
- Korrels
 - EPS: polystyreenparels
 - *EP: perliet*
 - *EV: vermiculiet*
 - SLS: silicaatschuim



Onderzoek – *materialen*

thermisch – in labo & theoretisch

Thermische eigenschappen



=> Warmtegeleidingscoëfficiënt λ :

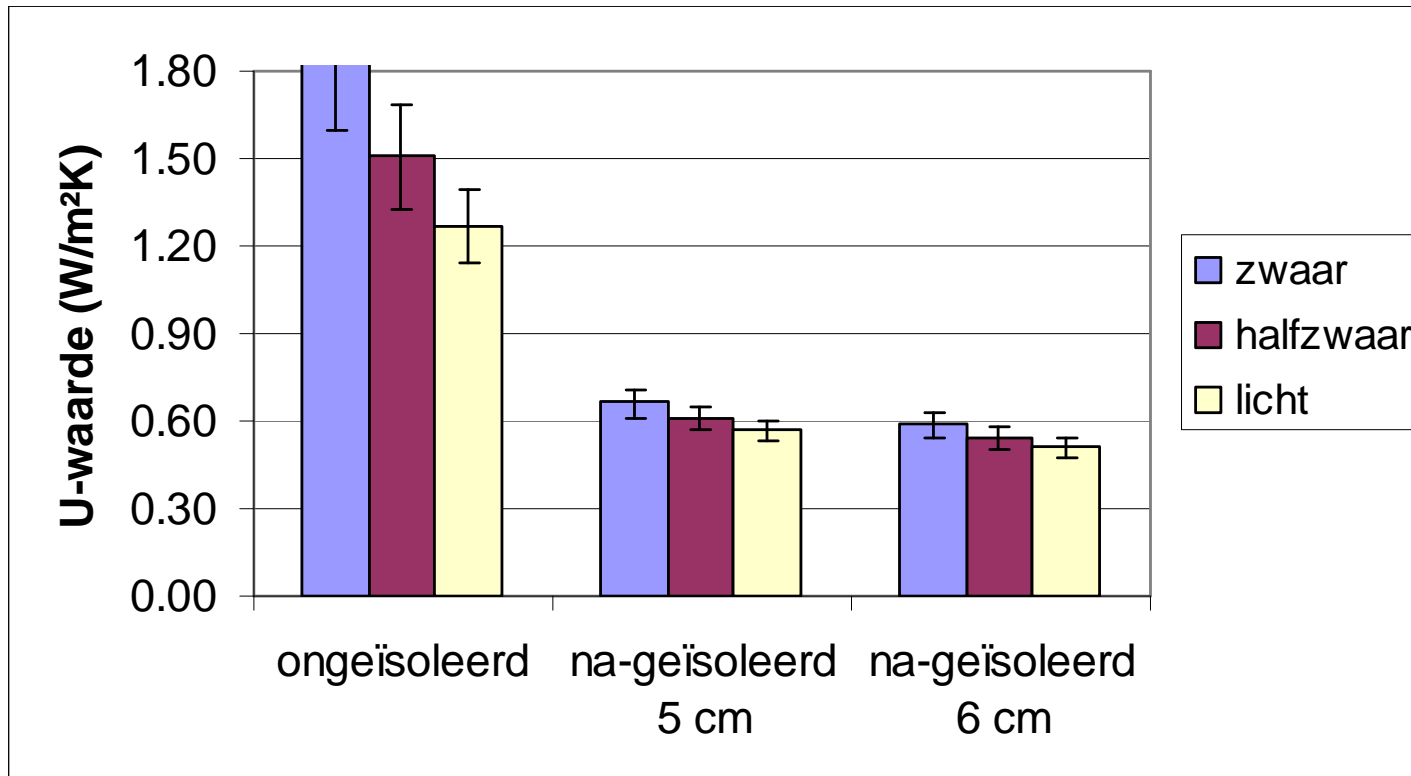
- Gedeclareerde waarden 0.040 à 0.050 W/mK
- Bevestigd door eigen metingen

- Densiteit
- Vochtgehalte
- Veroudering
- ...

Onderzoek – *materialen*

thermisch – in labo & theoretisch

Berekende U-waarde



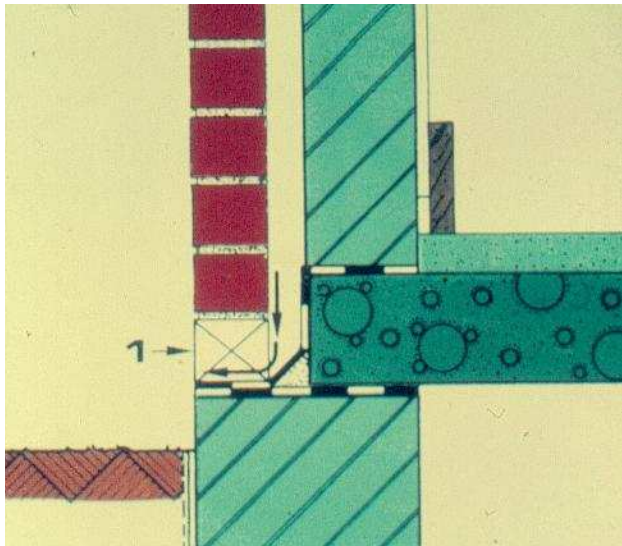
- Niet-geïsoleerd: 1.1 à 2.2 W/m^2K
- Geïsoleerd: 0.44 à 0.71 W/m^2K
- Vermindering warmteverliezen:
factor 2 à 3
- Prestatie hangt af van:
 - Type metselwerk (licht-zwaar)
 - Effectieve breedte spouw
 - λ -waarde isolatiemateriaal

Onderzoek – *materialen*

hygrisch

Regenwerende functie spouwmuur

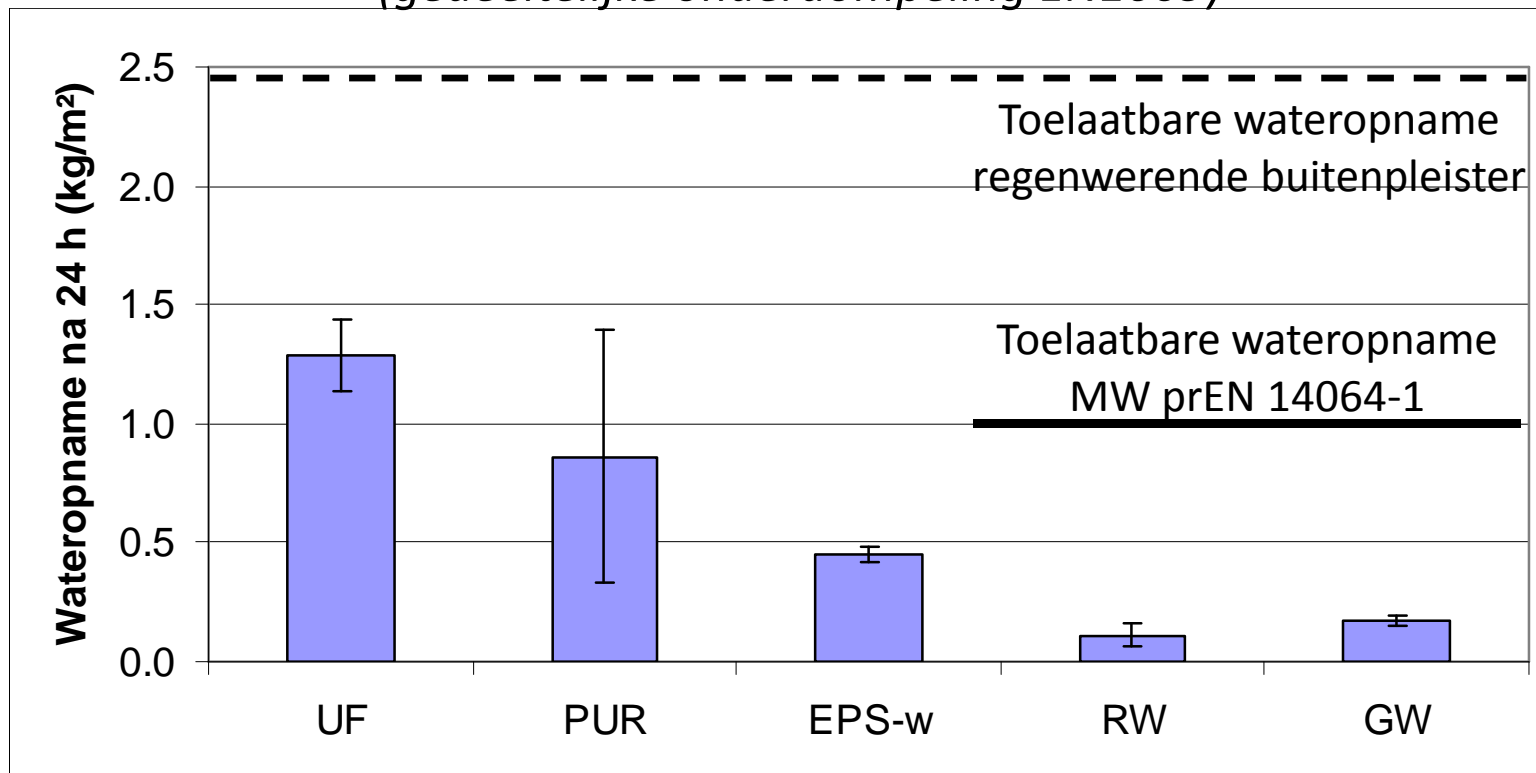
- Spouwmuur = tweetrapsdichting
- Luchtpouw = capillaire snede tussen binnen- en buitenspouwblad
- In nagevulde spouwmuur moet isolatiespouw deze functie vervullen
- Voorwaarden:
 - Onbeschadigd gevelmetselwerk (scheuren, voegwerk)
 - Verwaarloosbare wateropname isolatiemateriaal



Onderzoek – *materialen*

hygrisch

Wateropname isolatiematerialen (gedeeltelijke onderdompeling EN1609)



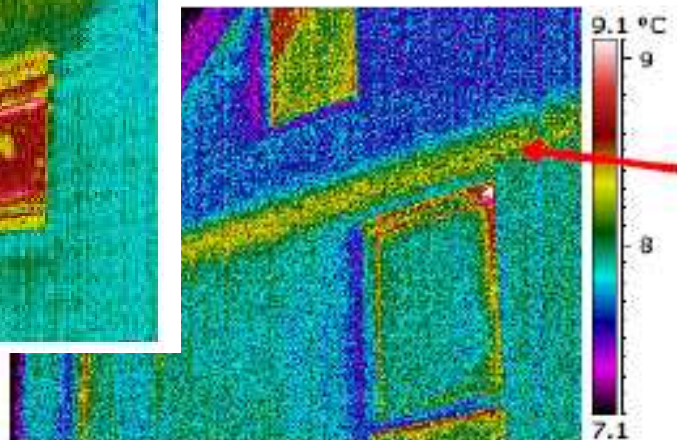
- Gemeten wateropname zeer klein
 - Kleiner dan maximaal toelaatbare wateropname van regenwerende buitenpleister
 - Geen gevaar voor regendoorslag t.g.v. capillariteit isolatiemateriaal

Onderzoek – *koudebruggen* computersimulaties

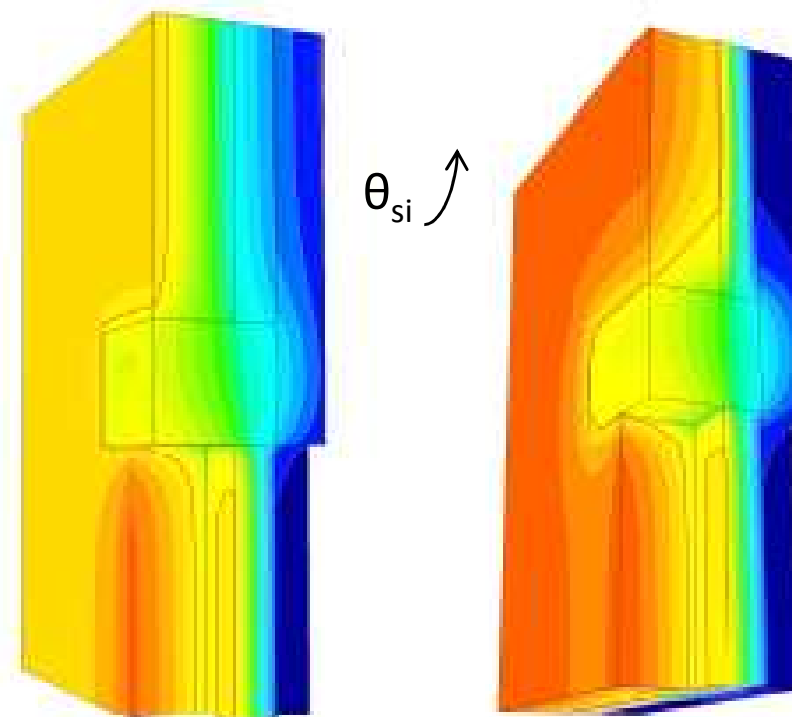
Koudebruggen:

- Simulaties
- Metingen
- Toetsen tov binnenklimaat

- Traditionele details met spouwsluitingen



- Koudebrug blijft, maar:
 - Warmer binnenoppervlak
 - Kleiner risico op schimmel & condensatie bij gelijk binnenklimaat (ook afh. van dampdrukken binnen & buiten)



Luchtsouw

Nagevulde
spouw

Onderzoek

validatie noodzakelijk

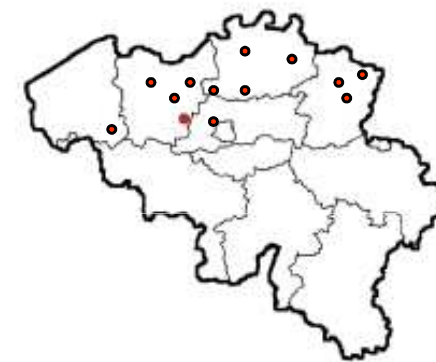
- Materiaal & uitvoering
 - **(1)** Worden de berekende U-waarden gehaald in de praktijk?
- Koudebruggen
 - **(2)** Verlaagt het risico op condens en schimmel bij koudebruggen, bij gelijk binnenklimaat, ook in de praktijk?
- Andere factoren, neveneffecten en bevindingen?
 - **(3)** Vaststellen van positieve en/of negatieve neveneffecten?
- Energieverbruik
 - **(4)** Reële besparingen?

Case-studies

Prestaties in-situ ?

Metingen & analyses van case-studies

Selectie: Oproep energiefora
Contacten bedrijven



Case-studies: *verschillen*

- Bouwjaar : *(1940)1956 - 1994*
- Jaar na-isolatie: 1967 – 2008(2009)
- Woning-typologie: *(gesloten), half-open, open bebouwing*
- Afmetingen, compactheid,...
- Samenstelling gebouwschil
 - Spouw-isolatie
 - *Spouw-isolatie: spouwbreedte*
 - *Spouw-isolatie: materiaal (6)*
 - » *UF (5)*
 - » *PUR (4)*
 - » *EPS (5)*
 - » *Rotswol (4)*
 - » *Glaswol (3)*
 - » *Silicaatschuimkorrels (2)*
- Functies en bezetting: *telkens woningen, maar soms ook kantoorruimte...*
- esthetische en praktische aspecten
- oriëntatie
- bestaande technieken (HVAC)
- ...

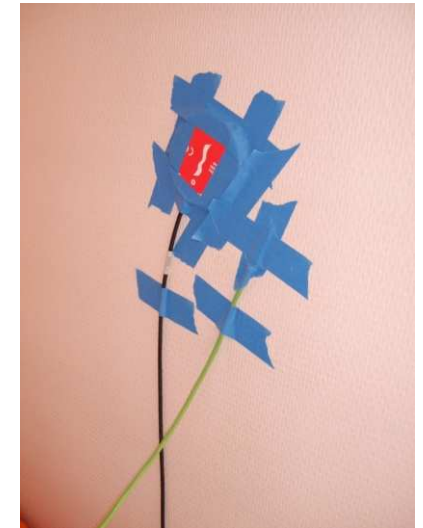
⇒ *Niet rechtstreeks
kwantitatief
vergelijkbaar*
(individuele analyse!)

⇒ *Complementair
& leerrijk*

Case-studies: *meetgegevens*

Verzamelde gegevens per case

- Gegevens:
 - **Data:**
 - Plannen
 - Energiefacturen & meterstanden
 - Bewonerservaringen & waarnemingen
 - ...
 - **Metingen**
 - U-waardemeting
 - Gebouwluchtdichtheid & thermografie
 - Binnenklimaat & temperatuurfactor koudebruggen
 - ...
- Analyses voor en na uitvoering na-isolatie
 - In helft van cases (11)
(van in totaal : 23 cases = 34 meetperiodes)



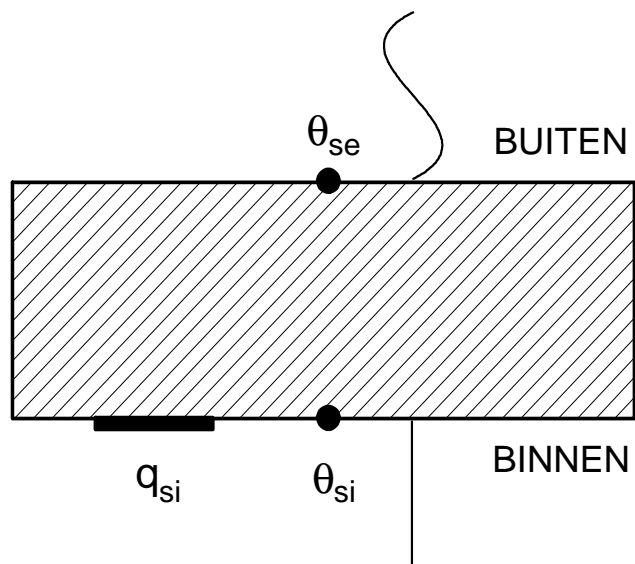
Onderzoek

validatie noodzakelijk

- **Materiaal & uitvoering**
 - **(1)** Worden de berekende **U-waarden** gehaald in de praktijk?
- Koudebruggen
 - **(2)** Verlaagt het risico op condens en schimmel bij **koudebruggen**, bij gelijk binnenklimaat, ook in de praktijk?
- Andere factoren, neveneffecten en bevindingen?
 - **(3)** Vaststellen van positieve en/of negatieve **neveneffecten**?
- Energieverbruik
 - **(4)** Reële **besparingen**?

In-situ cases

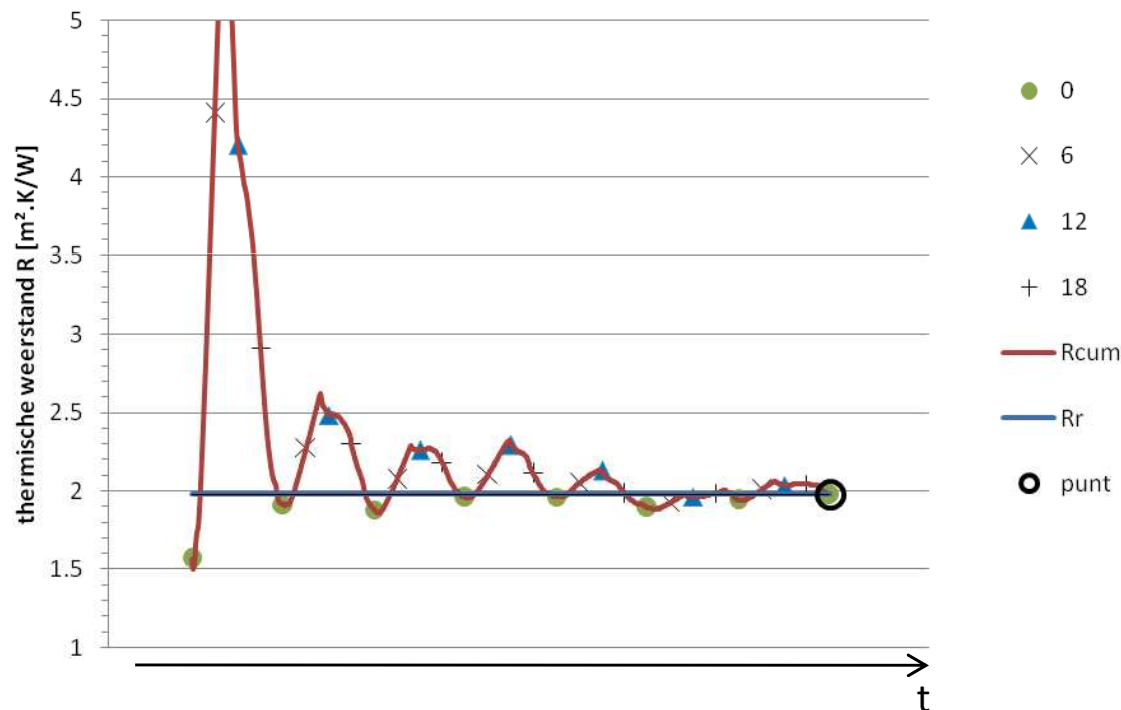
in-situ meting_U-waarde



$$R_M = \frac{\sum_{j=1}^n (\theta_{sij} - \theta_{sej})}{\sum_{j=1}^n q_{sij}}$$

$$U_M = \left(\frac{1}{h_i} + R_M + \frac{1}{h_e} \right)^{-1}$$

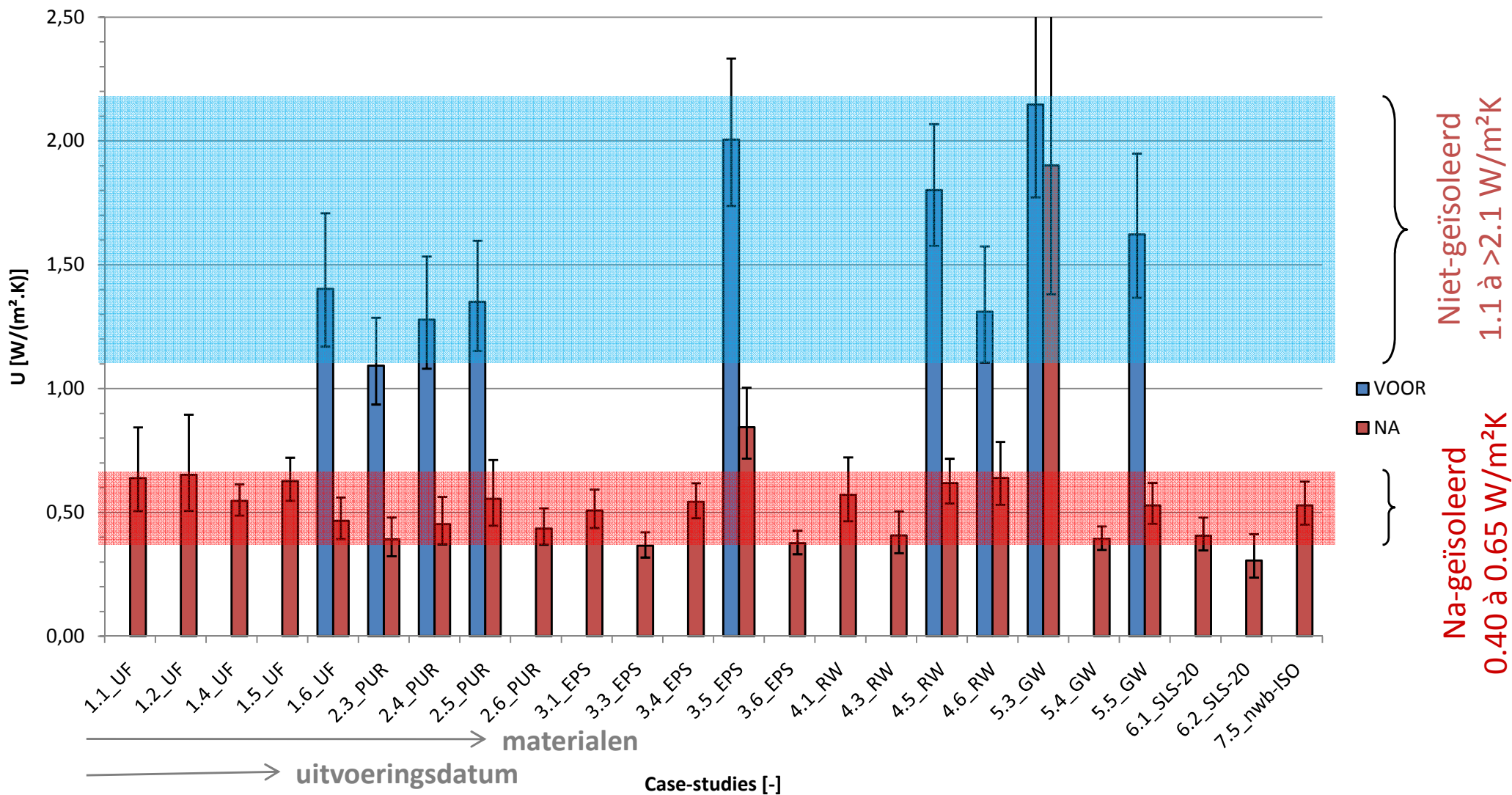
- Continue monitoring:
 - Oppervlaktetemperaturen θ_{si} en θ_{se}
 - Warmteflux q_{si}
 - Gedurende een week
- Bepaling U-waarde na uitmiddelen



In-situ cases

overzicht_U-waarde

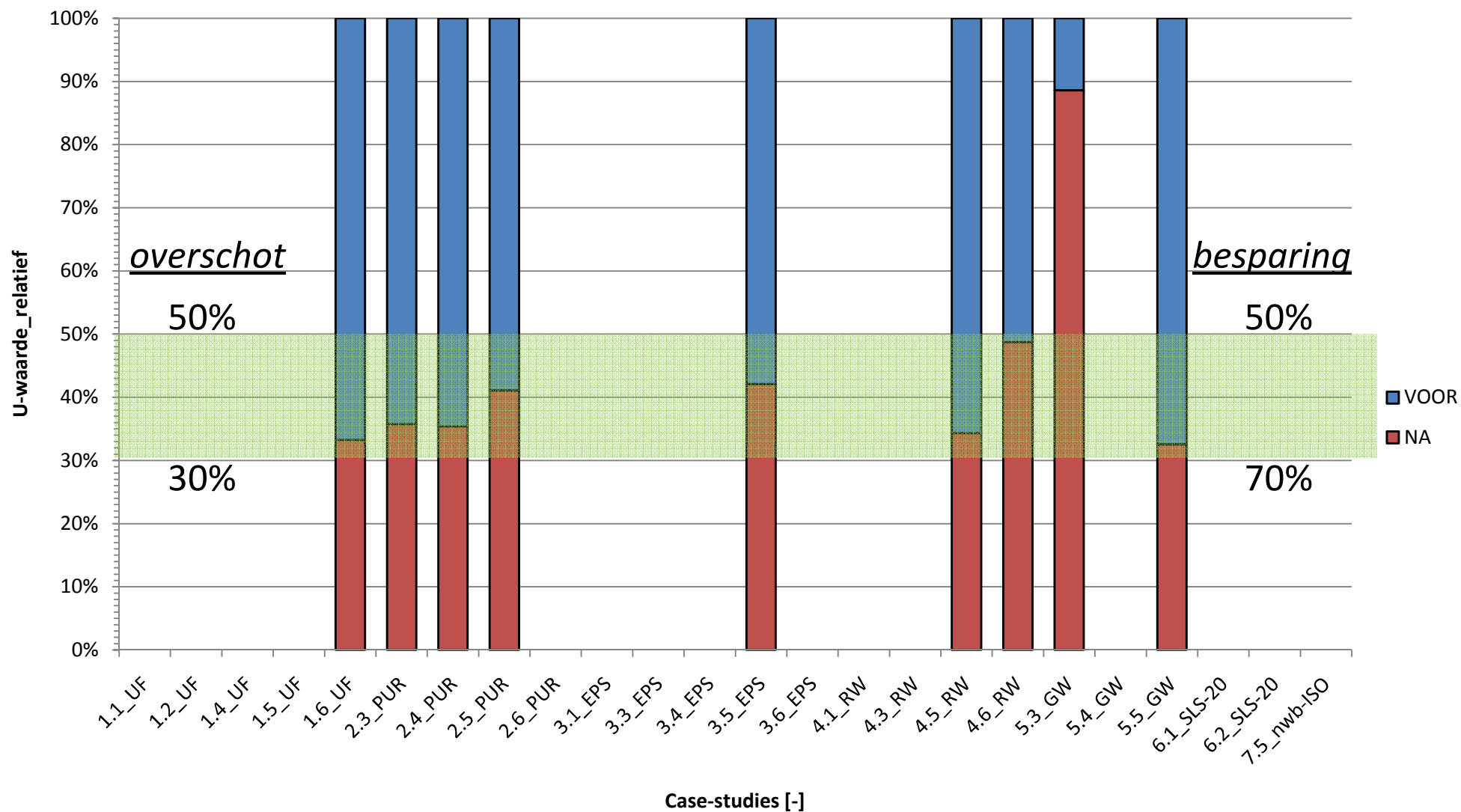
U-waarde



In-situ cases

overzicht_U-waarde

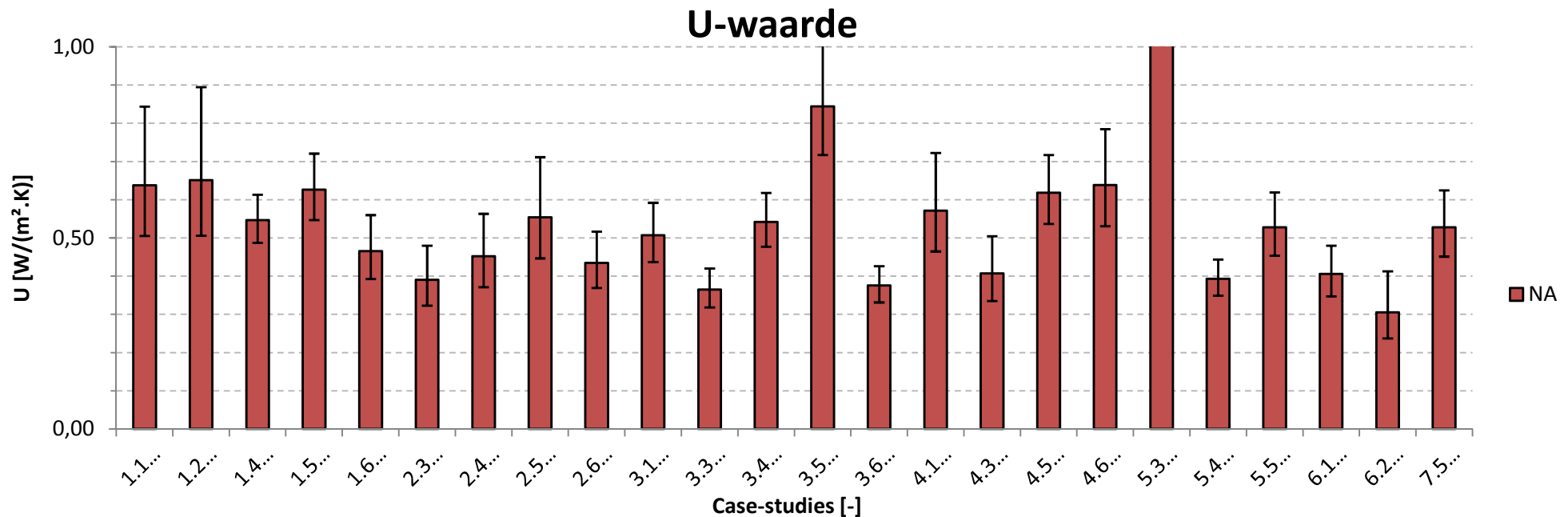
U-waarde_relatief (~warmte-verlies over de spouwmuren)



In-situ cases

overzicht_U-waarde

- Meetresultaten bevestigen berekende thermische prestaties na-geïsoleerde spouwmuren:
 - 0.40 à 0.65 W/m²K (90% case-studies)
 - Reductie warmteverlies met factor 2 à 3
- Verschillen tussen isolatiematerialen niet groter dan verschillen ten gevolge van andere bouwlagen (bijv. metselwerk)
- Geen significante verschillen tussen oude en recent gerealiseerde projecten



Onderzoek

validatie noodzakelijk

- Materiaal & uitvoering
 - **(1)** Worden de berekende U-waarden gehaald in de praktijk?
- **Koudebruggen**
 - **(2)** Verlaagt het risico op condens en schimmel bij koudebruggen, bij gelijk binnenklimaat, ook in de praktijk?
- Andere factoren, neveneffecten en bevindingen?
 - **(3)** Vaststellen van positieve en/of negatieve neveneffecten?
- Energieverbruik
 - **(4)** Reële besparingen?

In-situ case X1 : PUR

koudebruggen

Koudebruggen:

- Simulaties
- **Metingen**
- Toetsen tov binnenklimaat

Temperatuursfactor:

$$f = (\theta_{si} - \theta_{ae}) / (\theta_{ai} - \theta_{ae})$$

hoe groter f ,
des te kleiner het risico
op condens en schimmel



In-situ case X1 : PUR

koudebruggen

Koudebruggen:

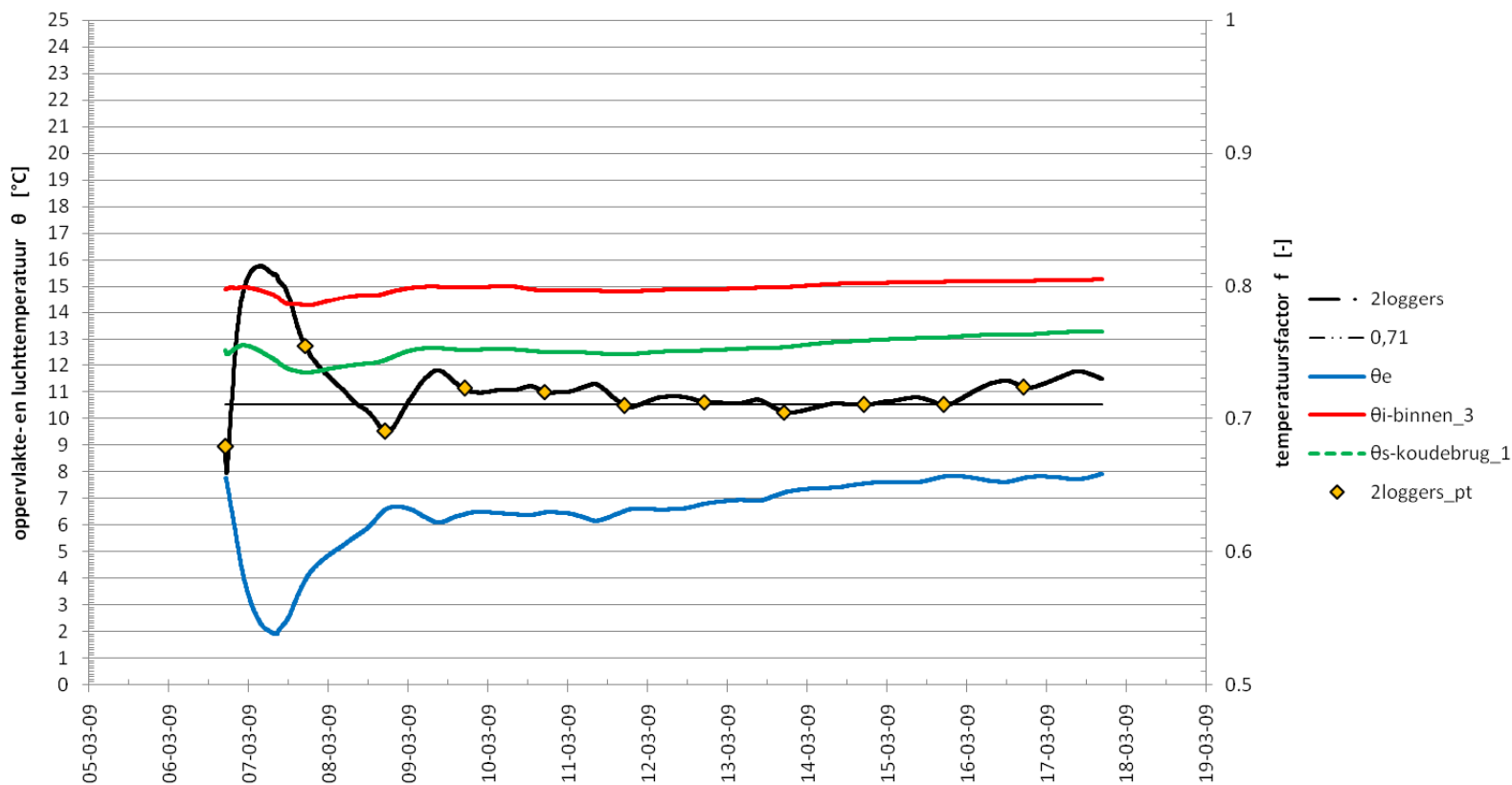
- Simulaties
- **Metingen**
- Toetsen tov binnenklimaat

Temperatuursfactor:

$$f = (\theta_{si} - \theta_{ae}) / (\theta_{ai} - \theta_{ae})$$

hoe groter f ,
des te kleiner het risico
op condens en schimmel

2.3-VOOR_koudebrug_1: midden van latei inkomdeur



In-situ (voorbeeld):

voor: $f = 0,71$

In-situ case X1 : PUR

koudebruggen

Koudebruggen:

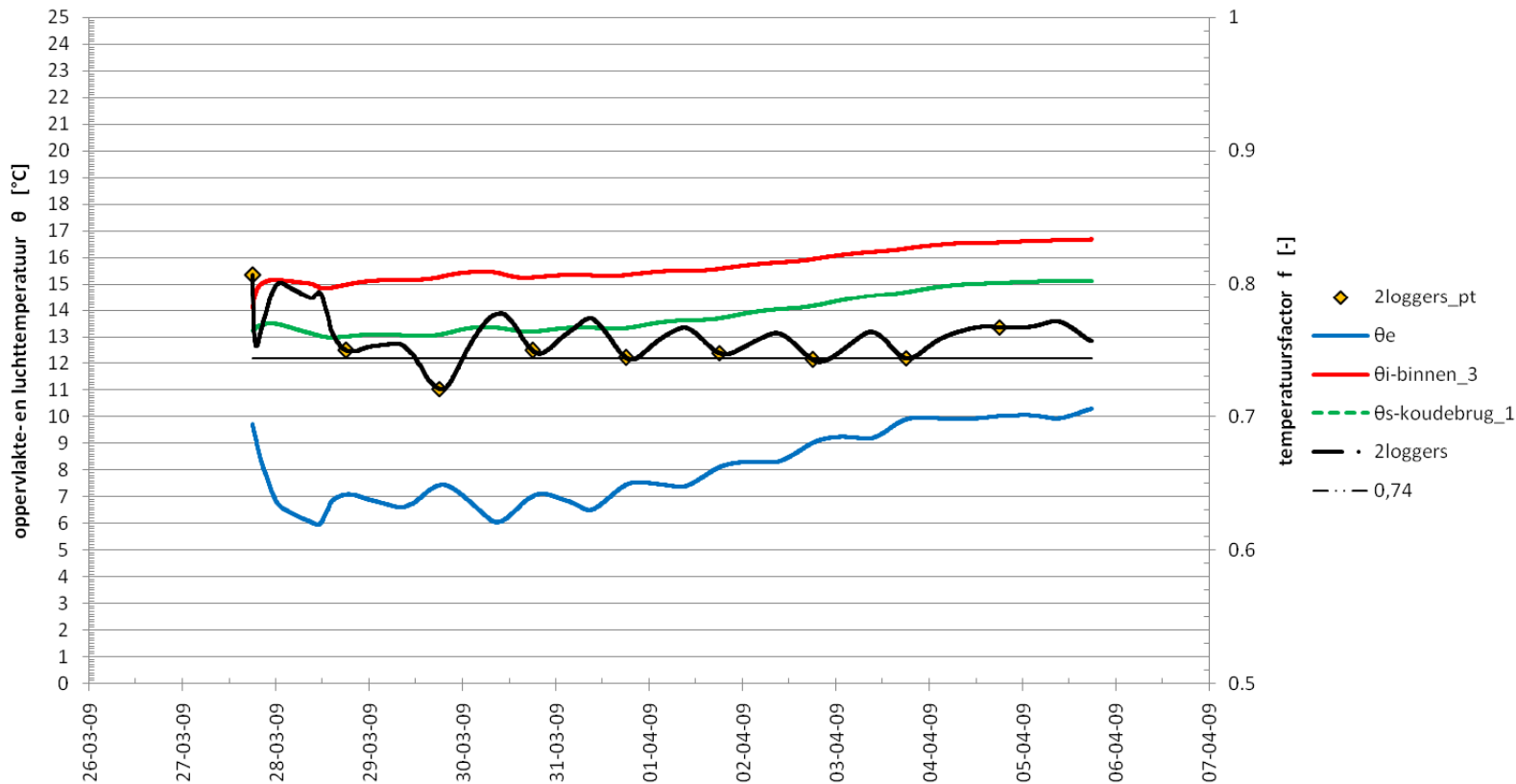
- Simulaties
- **Metingen**
- Toetsen tov binnenklimaat

Temperatuursfactor:

$$f = (\theta_{si} - \theta_{ae}) / (\theta_{ai} - \theta_{ae})$$

hoe groter f ,
des te kleiner het risico
op condens en schimmel

2.3-NA_koudebrug_1: midden van latei inkomdeur



In-situ (voorbeeld):

voor: $f = 0,71$

na: $f = 0,74$

\Rightarrow verbetering ook
gemeten in-situ

■ Condens en schimmel
o thermisch: θ_{si} !
o dampdrukken

■ Thermisch:
warmteverlies

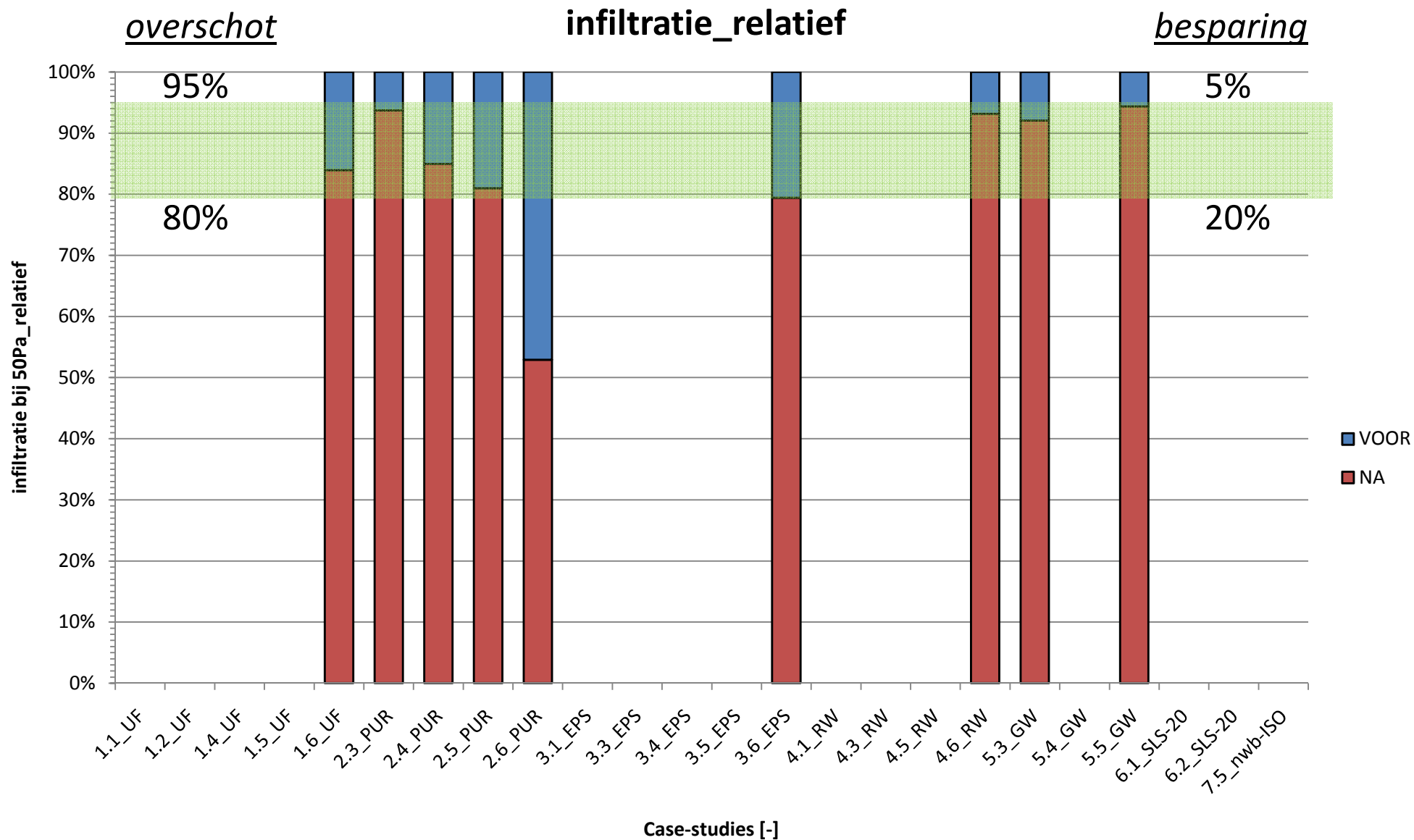
Onderzoek

validatie noodzakelijk

- Materiaal & uitvoering
 - **(1)** Worden de berekende U-waarden gehaald in de praktijk?
- Koudebruggen
 - **(2)** Verlaagt het risico op condens en schimmel bij koudebruggen, bij gelijk binnenklimaat, ook in de praktijk?
- **Andere factoren, neveneffecten en bevindingen?**
 - **(3)** Vaststellen van positieve en/of negatieve neveneffecten?
- Energieverbruik
 - **(4)** Reële besparingen?

In-situ cases

overzicht_luchtdichtheid



In-situ cases

overzicht_luchtdichtheid

Na-isolatie verhoogt de luchtdichtheid (5 à 20 % minder in-/ex-filtratie)

- Stijging van de luchtdichtheid is klein => weinig invloed op energetisch vlak
- Ongeacht het gebruikte isolatiemateriaal
- Afhankelijk van beginsituatie (Wat waren de voornaamste luchtlekken?)

Ook bij andere isolatie-ingrepen!! (bijv. vervangen schrijnwerk, isoleren van daken en aanbrenge van onderdaken...)

⇒Stijgend belang van ventilatie bij stijgende luchtdichtheid!

In-situ cases

Luchtdichtheid & koudebruggen

na-vulling van spouwen:

**Goede vulling en dichting mogelijk
van kieren, spleten en ter hoogte van moeilijke aansluitingen,
om de continuïteit van de isolatielaag zo hoog mogelijk te houden.**

Belang van goede uitvoering! (o.a. boorpatroon, densiteit, ...)

(Voordelen ook toepasbaar bij nieuwbouw!)

Onderzoek

validatie noodzakelijk

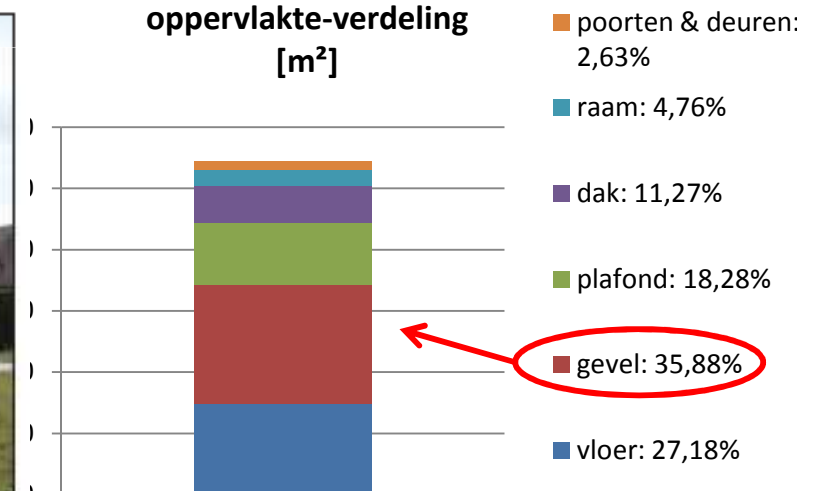
- Materiaal & uitvoering
 - **(1)** Worden de berekende U-waarden gehaald in de praktijk?
- Koudebruggen
 - **(2)** Verlaagt het risico op condens en schimmel bij koudebruggen, bij gelijk binnenklimaat, ook in de praktijk?
- Andere factoren, neveneffecten en bevindingen?
 - **(3)** Vaststellen van positieve en/of negatieve neveneffecten?
- **Energieverbruik**
 - **(4)** Reële besparingen?

In-situ case X2 : UF

- Vrijstaande woning °1994
 - Beschermde volume 749 m³
 - Bruto vloeroppervlakte 265 m²
 - Verliesoppervlakte 514 m²
- Oorspronkelijke isolatie:
 - Houten ramen - dubbel glas
 - Dakisolatie 12 cm
- Navulling spouwmuur 2008
 - Ongevuld: $U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Nagevuld: $U = 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Analyse energieverbruik:
 - Aardgasfacturen



oppervlakte-verdeling
[m²]

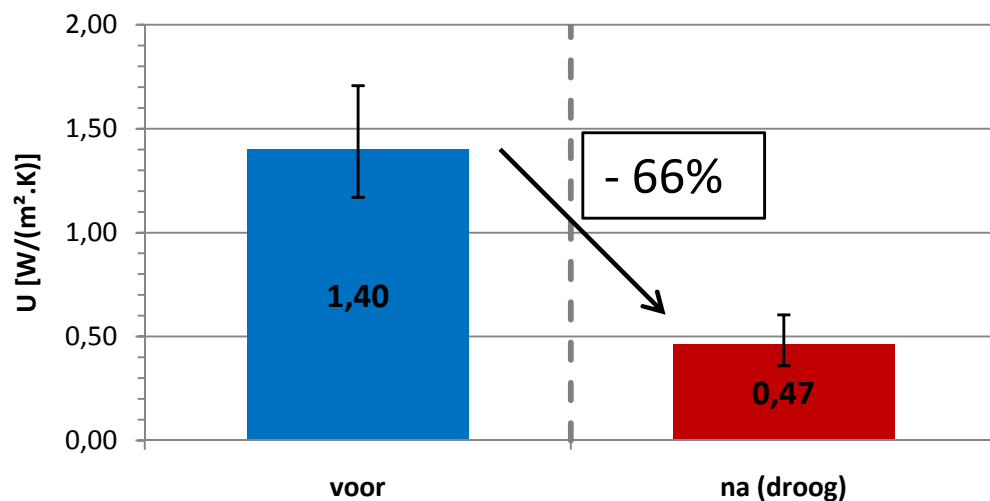


In-situ case X2 : UF

meetresultaten

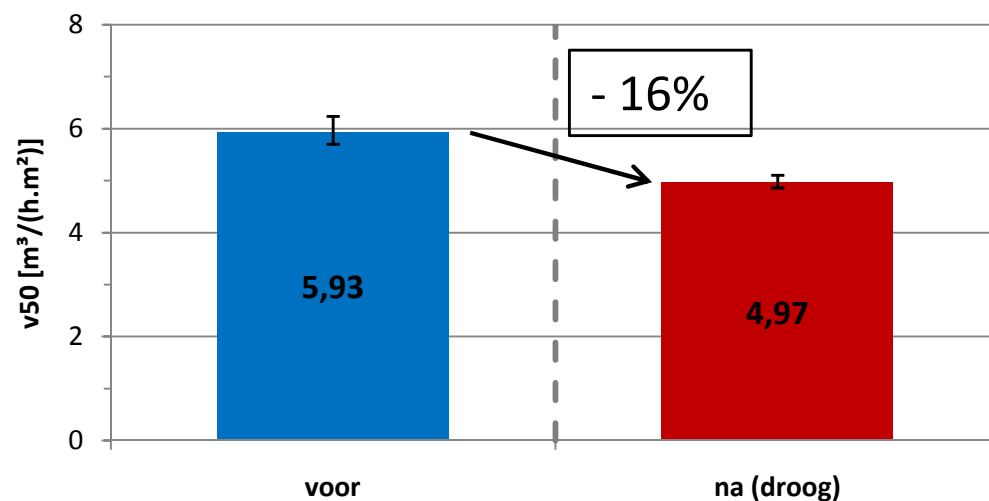
Flux-
meting

gemeten U-waarden



luchtdichtheids-meting

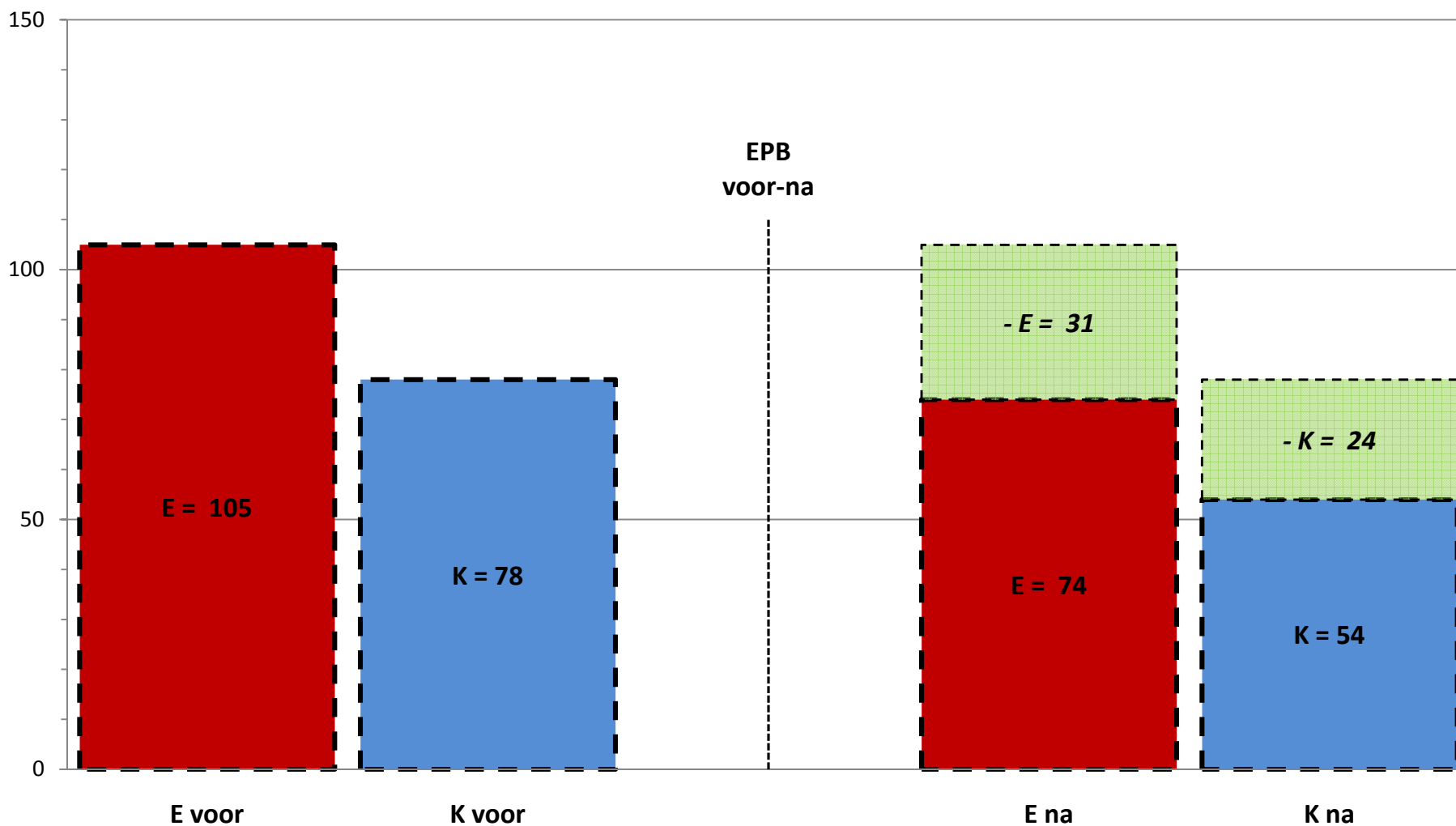
gemeten v50-waarden



In-situ case X2 : UF

prestatie-indicatoren

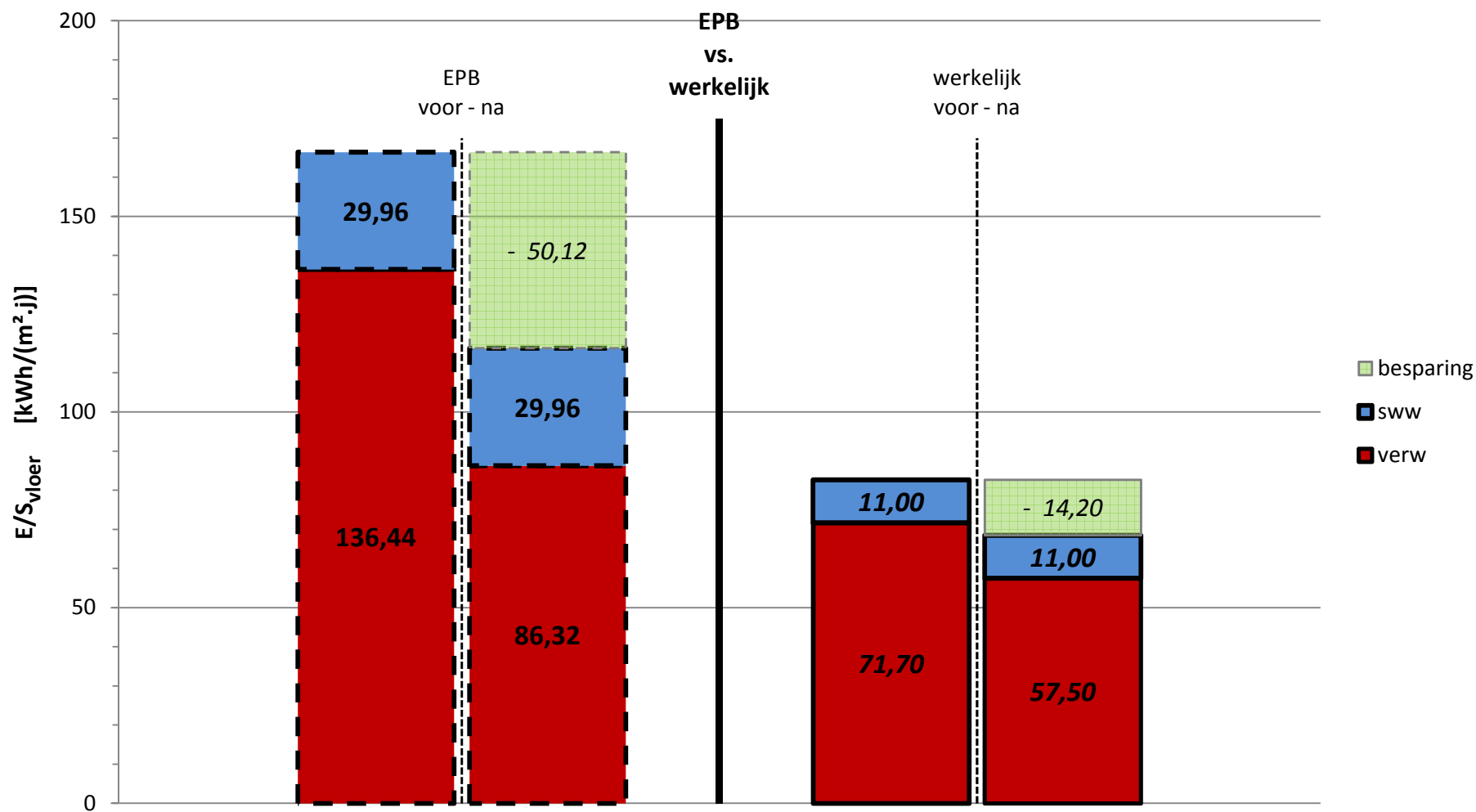
E-peil & K-peil *EPB*



In-situ case X2 : UF

theoretisch vs. werkelijk verbruik

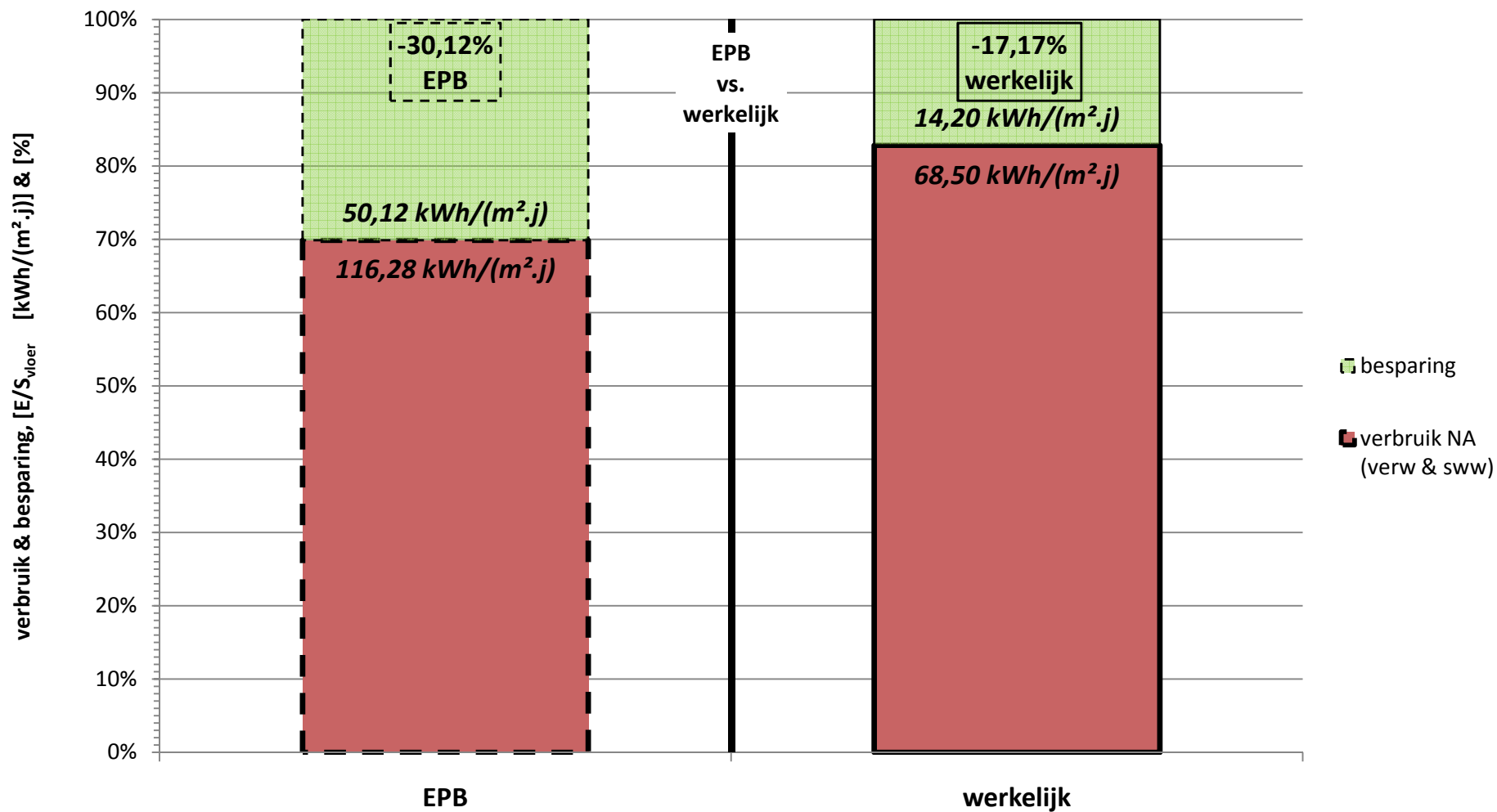
energieverbruik verwarming & sanitair warm water (per jaar, per m² vloeroppervlakte)



In-situ case X2 : UF

theoretisch vs. werkelijk verbruik

energieverbruik & besparing verwarming & sanitair warm water (per jaar, per m² vloeroppervlakte en procentueel)



Case-studies

**Bevestigen de metingen in-situ
de metingen in labo & de theoretische berekeningen?**

JA:

-U-waarde
-Koudebruggen

<>

NEE:

-Energiebesparing

?

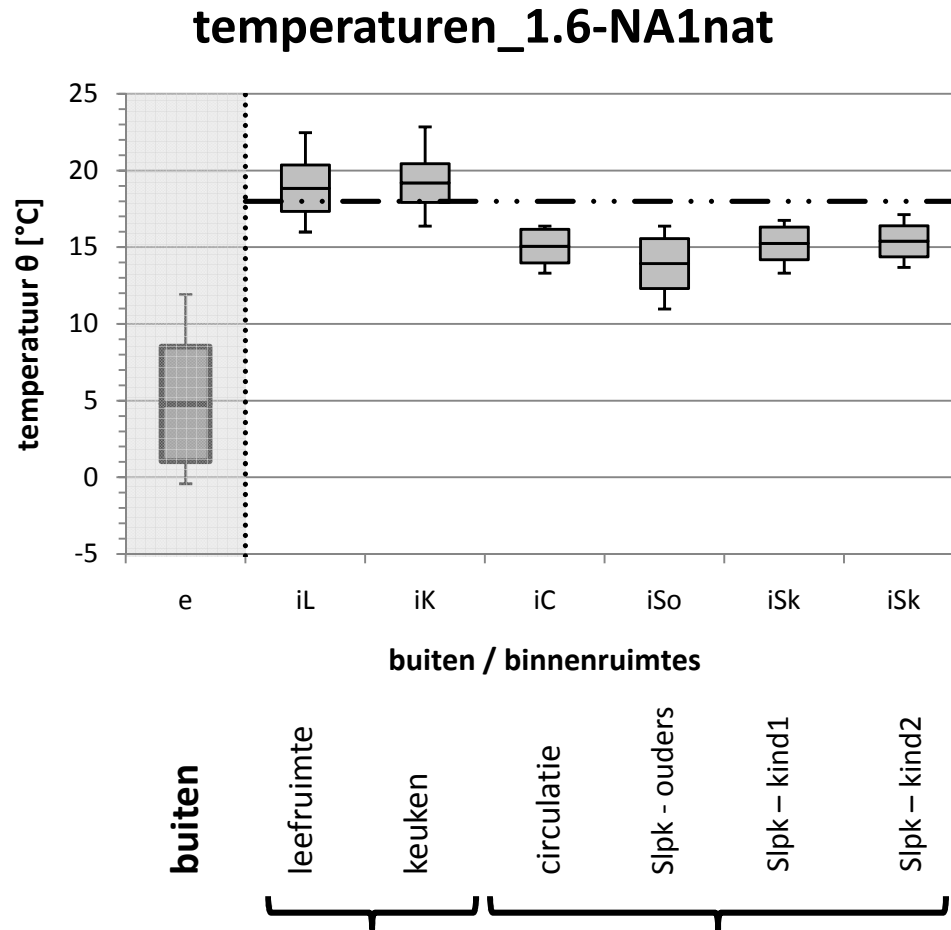
Voornaamste verklaringen:

**o.a. te zoeken in de klimaatmetingen
&
Gebruiksinvloeden**

(+ theoretische berekeningen, vereenvoudigingen en aannames)

In-situ case X2 : UF

analyse binnenklimaat



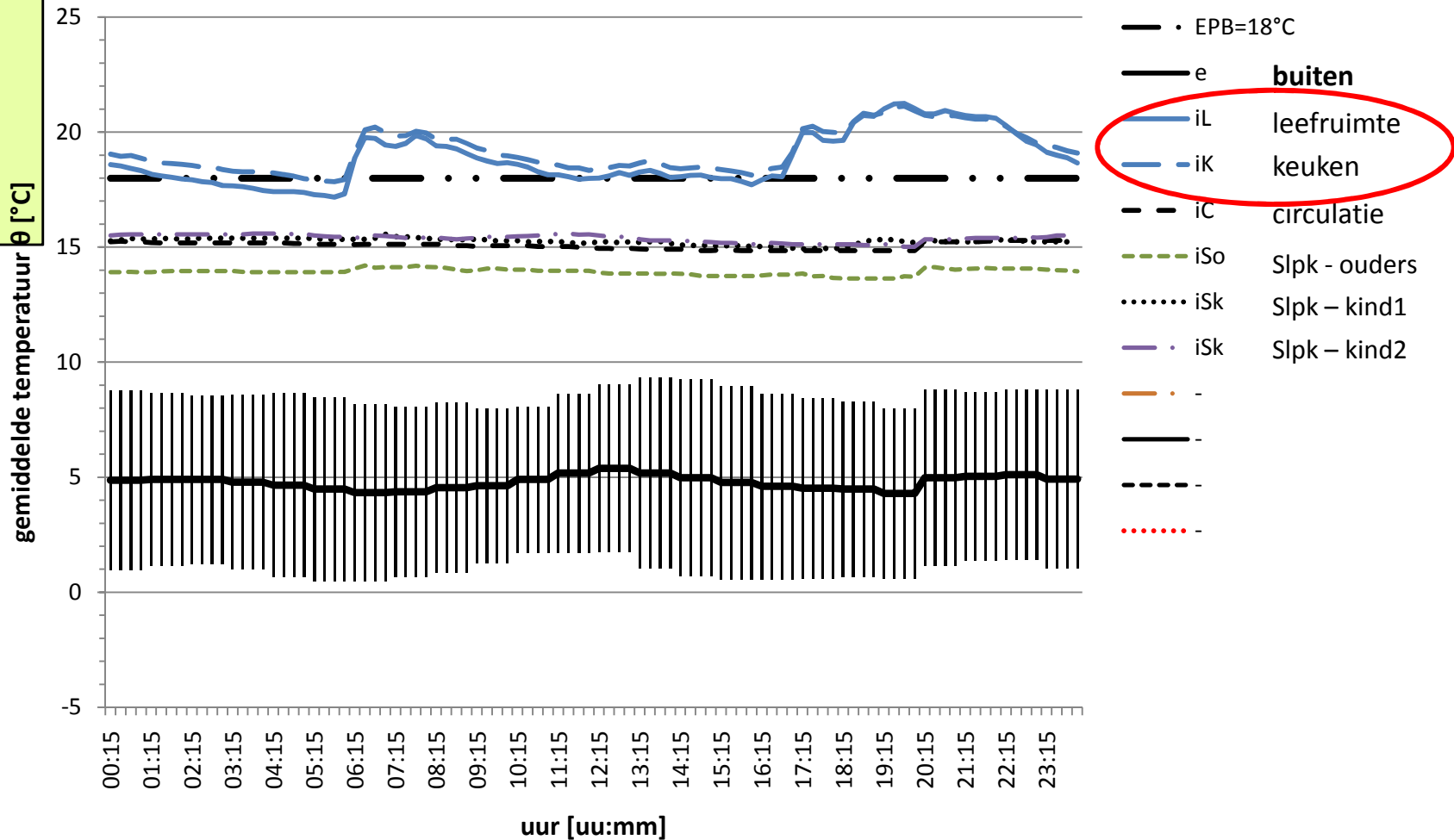
- Verschillen naargelang de lokalen \neq EPB: 18°C
- Spreiding

In-situ case X2 : UF

analyse binnenklimaat

Spreiding 1
 binnenklimaat
 ifv
 dagcyclus
 (buitenklimaat
 &
 gebruik)

temperatuur: gemiddeld dagverloop_1.6-NA1nat

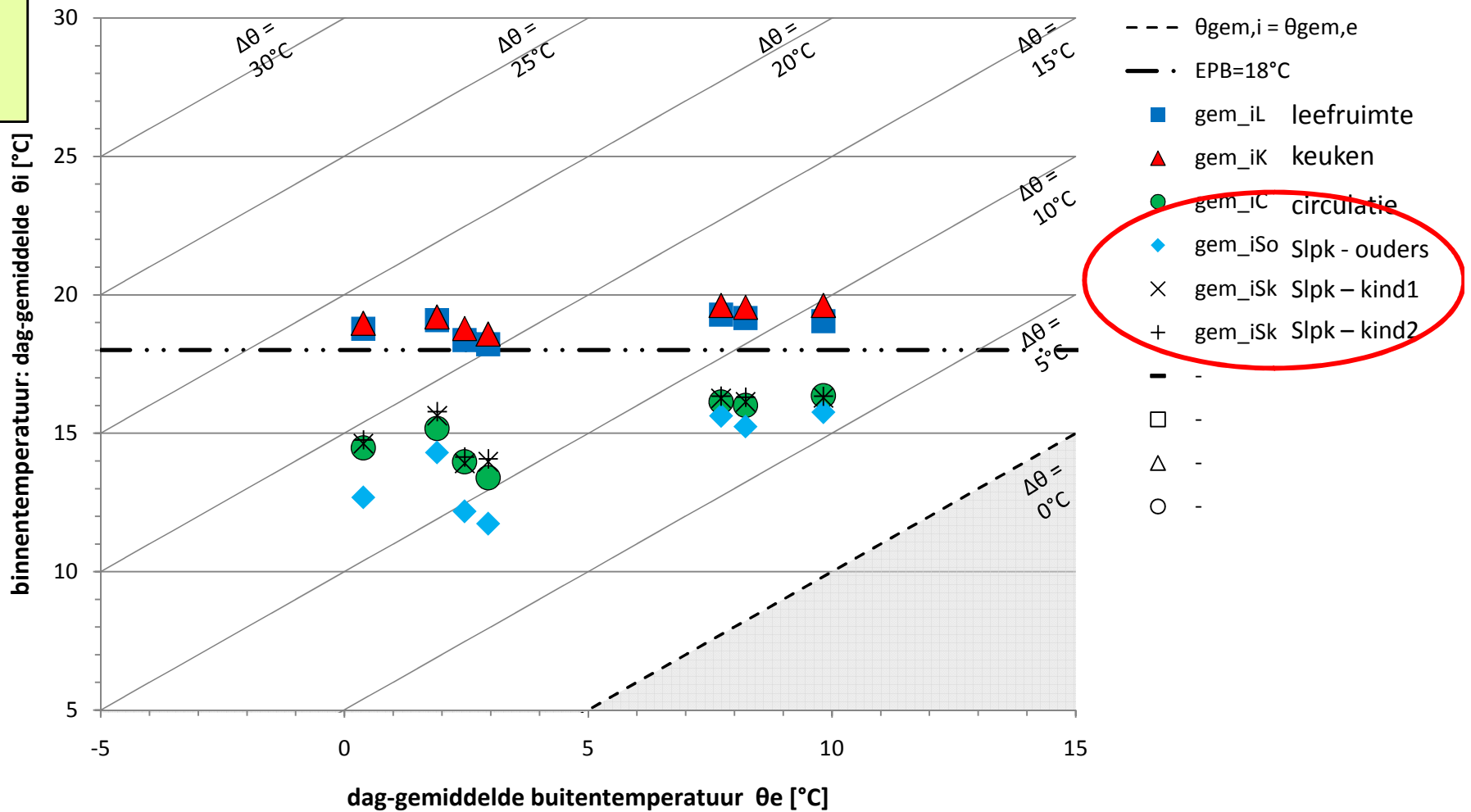


In-situ case X2 : UF

analyse binnenklimaat

Spreiding 2
binnenklimaat
ifv
buitenklimaat

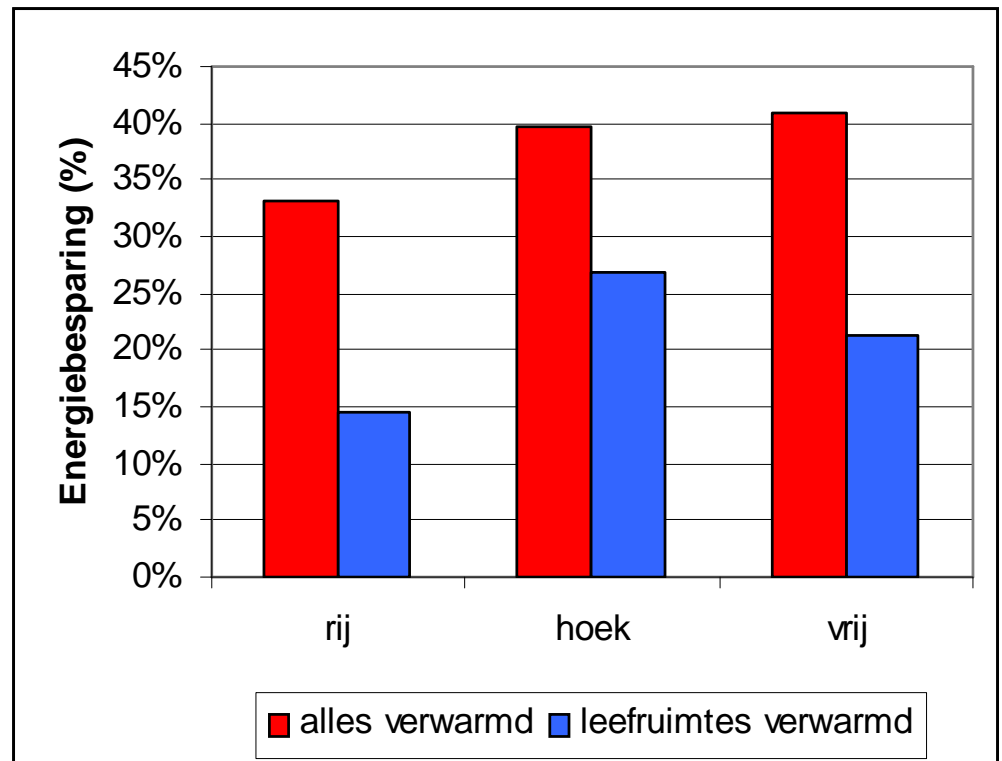
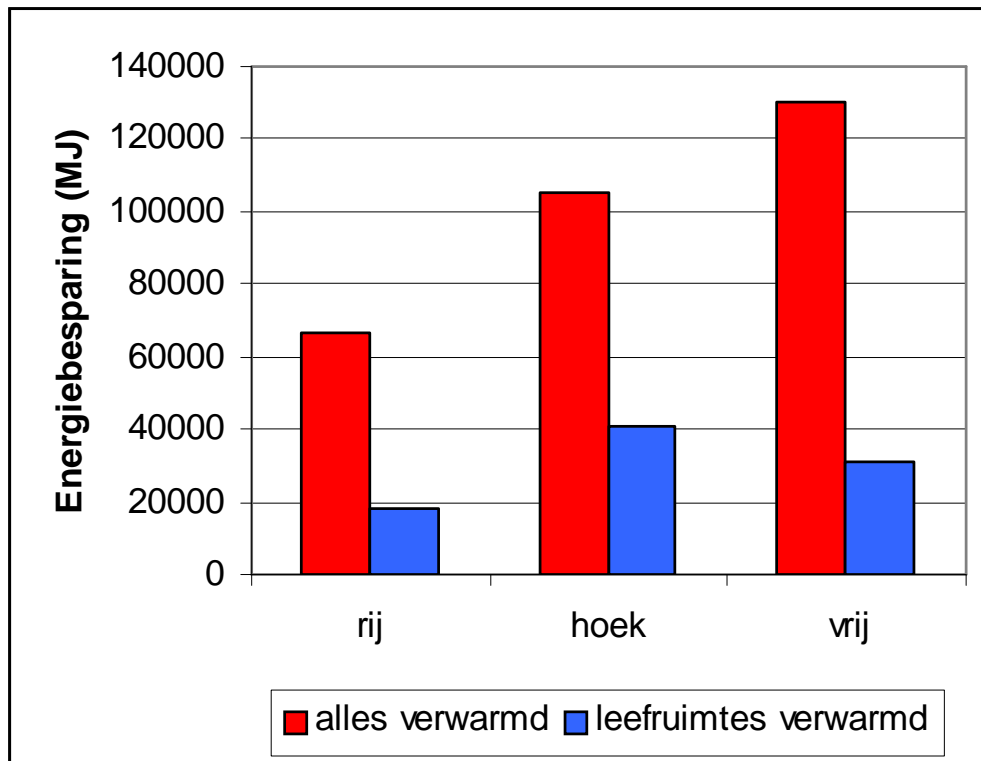
daggemiddelde temperatuur_1.6-NA1nat



In-situ bewonersgedrag

Aangepaste theoretische berekening => besparing

- Besparing t.o.v. ongeïsoleerde woning met dubbel glas
- Bij toepassing HR-glas + dakisolatie 18 cm + muurisolatie 6 cm
- Verwarmingsgedrag verklaart afwijking theoretisch-werkelijk verbruik in case-studies
 - Verschil absolute besparing > factor 3
 - Kleinere relatieve besparing



In-situ cases

theoretisch vs. werkelijk verbruik

analyse E-verbruik:

Absoluut

- verbruik werkelijk vaak $< \frac{1}{2} \times$ theoretisch verbruik volgens EPB
 - besparing werkelijk $< <$ theoretische besparing volgens EPB
- EPB: binnentemperatuur constant = 18 °C \leftrightarrow werkelijk gemiddelde binnentemperatuur, zowel ruimtelijk als in de tijd! (gebruikspatronen)
 - Overige aannames, vereenvoudigingen enz. bij berekeningen

Relatief

- Proportionele besparing werkelijk \leftrightarrow theoretisch
 - + Na-isolatie van wanden ter hoogte van de meest verwarmde ruimtes (leefruimtes op gelijkvloers)
 - + Operatieve temperatuur vs. luchttemperatuur (stralingstemperatuur van de wanden verhoogt)
=> sommige gebruikers: “thermostaat lager na het na-isoleren”
 - “reboundeffect”, evenwicht tussen winsten
energetisch-ecologisch-financieel vs. comfort
- Bewust of onbewust
- Ifv haalbaar binnencomfort vóór de ingreep
- Bewoners gaan mogelijk minder opletten op hun verbruik

In-situ cases

theoretisch vs. werkelijk verbruik

< Parameters bij analyse E-verbruik:

• Bouwfysische theorie

- EPB: statisch <> werkelijkheid: dynamisch
- Vereenvoudigingen, onbekenden...

• Gebouwparameters

- Materiaal- en installatie-eigenschappen, afmetingen, aansluitingen, plannen vs. uitvoering...
- Soms waarden bij ontstentenis (vnl. bij oudere woningen) (bijv. luchtdichtheid v50)

• Gebruikspareters

- Ruimtelijk (bijv. leefruimtes <> slaapkamers...)
- Tijdsgebonden (gebruikscycli... vnl. dagcycli, uitzonderingen bijv. vakantie...)
- Klimaatgebonden (adaptatie tov buitenklimaat)
- Gebonden aan de gebouwprestaties (comfort/besparing!)
(wijzigend voor<>na renovatie! (bijv. thermostaat lager: $\theta_{lucht,i}$ <> $\theta_{operatief,i}$)

• Klimaatparameters

- EPB: statisch, vnl. maandgemiddelde waardes <>
- Wijzigend buitenklimaat in werkelijkheid

In-situ cases praktijk-analyses

Analyses & keuzes : kritisch, genuanceerd en meerzijdig (*)

Metingen van prestaties:

(*)

- Klimaat-metingen
- Koudebrug-metingen
- Flux-metingen
- Luchtdichtheid
- Thermografisch onderzoek
- Endoscopisch onderzoek

Toetsen van resultaten:

(*)

- Verbruikgegevens
- Bewonerservaringen
- ...

Vullen elkaar aan^(*)
(bijv. thermografie & flux-meting)



Invloeden onderscheiden^(*)
(bijv. gebruiker vs. gebouw)



1. vooraf^(*)

Totaalaanpak
(bijv. isolatie &
luchtdichtheid/ventilatie)

op maat
van de gebruiker
& het gebouw

2. na^(*)

Controle & nazorg

leerschool

In-situ cases

theoretisch vs. werkelijk verbruik

Lager werkelijk energiebesparing

- is niet eigen aan na-isolatie van spouwmuren
- wil niet zeggen dat de gewenste isolatiewaarde niet gehaald zou zijn
(zie o.a. flux-metingen en aangepaste theoretische berekeningen)

--

⇒ **Meer** maatregelen nodig om de beoogde energetische, financiële en ecologische doelstellingen te halen

⇒ **Totaal-aanpak, op maat** nodig (na individuele analyse: hiërarchie van de maatregelen is case-afhankelijk)

⇒ Ook **de mens** inrekenen: balans met comfort-winsten

- ⇒ Geen ongenueanceerde beloftes maken!
- ⇒ Sensibilisering van de bewoner
- ⇒ 'handleiding' van de woning geven aan de bewoner

voorlopig einde
